



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 31 179 A 1

⑤① Int. Cl.⁸:
G 21 F 5/008

②① Aktenzeichen: 196 31 179.9
②② Anmeldetag: 2. 8. 96
②③ Offenlegungstag: 6. 2. 97

DE 196 31 179 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
04.08.95 FR 95 09691

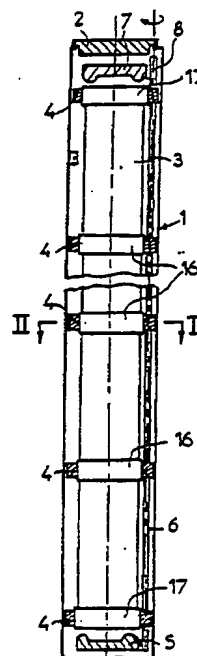
⑦① Anmelder:
Reel S.A., Saint Cyr au Mont d'Or, FR

⑦④ Vertreter:
Witte, Weller, Gahlert, Otten & Steil, 70178 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Massiot, Maurice, Lyon, FR

⑤④ Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen

⑤⑦ Eine Vorrichtung dient zum Transportieren und Lagern von Paketen (3) von Kernbrennelementen. Die Vorrichtung umfaßt einen starren Behälter (1). Der Behälter (1) ist an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element, vorzugsweise mehreren über die Länge des Behälters verteilten Kissen (4) versehen. Das Element legt sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement an. Die Expansion wird mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffes bewirkt (Fig. 1).



DE 196 31 179 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen, mit einem starren Behälter, der an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element versehen ist, das sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement anlegt.

Die Erfindung betrifft dabei insbesondere solche Vorrichtungen, wie sie zum Transportieren und Lagern von frischen Kernbrennelementen eingesetzt werden, d. h. Kernelementen, die im Hinblick auf ihren Einsatz im Kern eines Atomkraftwerkes noch nicht bestrahlt wurden.

Die Erfindung betrifft dabei den Behälter, der die Kernbrennelemente, vorzugsweise in Form von Paketen, aufnehmen soll. Wenn ein Transport stattfinden soll, wird eine bestimmte Anzahl derartiger Behälter gemeinsam in eine Verpackungsstruktur eingesetzt, die dann das zu transportierende Gebinde darstellt.

Es ist bekannt, daß der Kern eines Kernreaktors aus Paketen von Kernbrennelementen zusammengesetzt ist. Jedes Paket wird seinerseits aus einer Mehrzahl von Kernbrennstäben oder -stangen gebildet sowie von Kappen und von Gittern, mit denen diese Elemente zusammengehalten werden. Die Gesamtanordnung ist daher einigermaßen instabil und verformbar. Die so entstehenden Pakete werden Seite an Seite in vertikaler Ausrichtung im Reaktorbecken angeordnet, und zwar in der Höhe eines Auflagers oder des Kernbodens, der mit aneinander angrenzenden Führungzapfen versehen ist, um die Bodenteile der Pakete aufzunehmen.

Die Pakete von Kernbrennelementen werden selbstverständlich nicht an Ort und Stelle hergestellt, sondern vielmehr in darauf spezialisierten Unternehmen. Man muß daher strenge Sicherheitsvorschriften einhalten, wenn ein Transport zwischen dem Unternehmen und einem Kernkraftwerk stattfindet.

Strenge Sicherheitsvorschriften müssen ferner eingehalten werden, um den unterkritischen Zustand aufrechtzuerhalten. Es muß nämlich um jeden Preis verhindert werden, daß eine Kettenreaktion als Auslöser eines Kernprozesses ausgelöst wird. Dies geschieht, indem man die Pakete in ausreichendem Umfang voneinander isoliert und/oder sie in eine abschwächende Flüssigkeit, beispielsweise eine Neutronenbremse, eintaucht.

Es sind zwar Verpackungsvorrichtungen bekannt, um Pakete von Kernbrennstäben zu transportieren. Aufgrund der Tatsache, daß neuartige Formen von Paketen derartiger Kernbrennstäbe entwickelt worden sind und es auch neuartige Beschränkungen hinsichtlich des Transportes gibt, hat sich die Notwendigkeit ergeben, neuartige Formen von Verpackungen zu entwickeln.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennstäben zur Verfügung zu stellen, insbesondere von frischen Kernbrennstäben, die vorzugsweise Uranoxid oder Plutoniumoxid enthalten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Expansion mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffes bewirkt wird.

Auf diese Weise wird erfindungsgemäß erreicht, daß der Behälter einerseits und ein Paket von Kernbrennelementen andererseits mit einer gewissen Kohäsion zusammengehalten wird, die wiederum durch die Vorspannung erzeugt wird, die von den expandierbaren Elementen ausgeht.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Insbesondere ist bevorzugt, wenn der Druck für die Expansion des flüssigen Kunststoffes bei $50 \cdot 10^5$ Pa liegt.

Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung sind die expandierbaren Elemente als vorzugsweise ringartige Kissen ausgebildet, die in regelmäßigen Abständen zueinander entlang der Länge des Behälters angeordnet sind, wobei die Kissen untereinander und mit einer Druckkammer verbunden sind.

Der Druck wird vorzugsweise mittels eines Tauchkolbens erzeugt, der in die Druckkammer eintaucht und von einer Spindel angetrieben wird. Der Tauchkolben ist vorzugsweise von einer Oberseite des Behälters her zugänglich und sowohl bei stehender wie bei liegender Position des Behälters betätigbar.

Die expandierbaren Elemente werden vorzugsweise mittels einer verformbaren Membran aus Metall oder aus Kunststoff realisiert, die sich unter der Einwirkung eines Drucks verformt, der durch den Elastomer oder das flüssige Silikon ausgeübt wird. Die Membran ist vorzugsweise mit einer metallischen Anordnung in Gestalt einer ringförmigen Rinne verbunden. Die metallische Anordnung ist ihrerseits, vorzugsweise durch Verschweißen, mit einer Innenwandung verbunden, die eine Seitenwand des Behälters bildet.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung läßt sich der Behälter auf einer Seitenwand öffnen, um das Paket von Kernbrennstäben seitlich einführen zu können. Der Behälter wird anschließend mittels der abgenommenen Seitenwand wieder verschlossen. Die übrigen drei Seitenwände sind starr miteinander verbunden. Die abnehmbare Seitenwand trägt ein vorexpandiertes Element, während die übrigen Seitenwände mit expandierbaren Elementen versehen sind.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen;

Fig. 2 einen Querschnitt, entlang der Ebene II-II von Fig. 1;

Fig. 3 eine schematisierte Explosionsdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 4 eine Ansicht auf die Vorrichtung gemäß Fig. 3 von oben und mit abgenommenem Deckel.

Fig. 1 stellt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennstäben dar, insbesondere von frischen Kernbrennstäben, die Plutoniumoxid enthalten.

Die Vorrichtung umfaßt im wesentlichen einen quaderförmigen Behälter 1, der typischerweise aus Edelstahl hergestellt ist oder aus einem anderen Werkstoff, wie er in der Kerntechnik verwendet wird, beispielsweise Titan. Der Behälter 1 ist an einer seiner Stirnseiten fest verschlossen und an der anderen Stirnseite mittels eines Deckels 2 zugänglich. Der Behälter 1 ist demzufolge so ausgestaltet, daß ein Paket 3 von Kernbrennelementen von oben, d. h. bei weggeklapptem Deckel 2 eingeführt werden kann.

Gemäß einer Besonderheit der Erfindung ist eine An-

zahl von Kissen 4 entlang der Länge des Behälters 1 angeordnet. Diese Kissen 4 werden durch Kammern 11 gebildet, die aus Edelstahl ausgeführt sind. Die Kammern 11 sind, vorzugsweise durch Verschweißen, mit Innenwandungen des Behälters 1 verbunden, die die Seitenwände des Behälters 1 bilden. Jede der Kammern 11 umfaßt eine metallische, verformbare Membran 9. Die Membran 9 kann eine in Richtung auf den Innenraum des Behälters 1 vorgewölbte Gestalt einnehmen, wenn ein Innendruck in dem Kissen 4 erzeugt wird. Jedes der Kissen 4 steht mit den übrigen Kissen 4 derselben Ebene oder eines selben Ringes in Verbindung, ebenso wie mit den Kissen 4 von darüberliegenden oder darunterliegenden Ebenen. Auf diese Weise wird ein hydrostatisches Gleichgewicht zwischen den Kissen 7 hergestellt. Eine Druckkammer 6 stellt den erforderlichen Druck für die Vorspannung der Kammern 11 bereit. Sie gewährleistet ferner die hydrostatische Verbindung zwischen den Kammern 11. Die Druckkammer 6 ist ihrerseits an einer Auflagekammer 5 angeschlossen, die sich am unteren Boden des Behälters 1 befindet. Ein ähnliches, komplementäres Element 7 kann am oberen Ende des Behälters 1 vorgesehen werden.

Die Höhe der Kissen 4 wird so gewählt, daß sie an die unterschiedlichen Höhen von Gittern 16 und Kappen 17 angepaßt ist, die den Zusammenhalt des Paketes gewährleisten. Auch eine geringfügige Variation ihres Abstandes muß möglich sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung sind die Kissen 4 und die Druckkammer 6 so ausgebildet, daß sie eine komprimierbare Flüssigkeit aufnehmen. Typischerweise verwendet man hierzu ein Elastomer oder ein flüssiges Silikon von niedriger Viskosität. Diese Flüssigkeiten können um 4% bis 5% komprimiert werden, wenn man auf sie einen Druck in der Größenordnung von $50 \cdot 10^5$ Pa ausübt.

Auf diese Weise kann man das Paket 3 durch Druckbelastung oder durch Druckentlastung fassen. Im erstgenannten Fall wird Flüssigkeit aus der Druckkammer 6 in die Kissen überführt und diese damit expandiert. Im zweitgenannten Fall wird auf die kompressible Flüssigkeit in den Kissen 4 ein so hoher Druck ausgeübt, daß die Kissen schrumpfen. Nach dem Einladen des Pakets 3 wird der Druck wieder so weit vermindert, daß die Kissen 4 wieder expandieren und das Paket 3 fassen.

Wenn zum Beispiel im erstgenannten Fall das Paket 3 von Kernbrennelementen in den Innenraum des Behälters 1 eingebracht worden ist, wird die Druckkammer 6 unter Druck gesetzt, und zwar mittels eines Tauchkolbens 8, der von einer Spindel oder dergleichen betätigt wird und Flüssigkeit von der Druckkammer 6 in die Kissen 4 überführt. Der Tauchkolben 8 ist vorzugsweise an der Oberseite des Behälters 1 angeordnet. Auf diese Weise ist es möglich, den Tauchkolben 8 zu betätigen, und zwar unabhängig davon, ob der Behälter 1 steht oder liegt, d. h. vertikal oder horizontal ausgerichtet ist. Da die Kissen 4 hydrostatisch miteinander in Verbindung stehen, ist es möglich, einen gleichmäßigen Druck im Bereich aller Oberflächen des Behälters 1 zu erzeugen, so wie er auf das Paket wirkt. Das Paket wird auf diese Weise zuverlässig an Ort und Stelle gehalten, weil der Behälter 1 eine hohe Kohäsion mit dem Paket 3 aufweist.

Vorteilhafterweise geht man so vor, daß man den Kissen 4 zunächst einen geringeren Druck aufprägt, so daß die expandierbaren Elemente sich langsam ausdehnen und daher die Andrückkraft stetig zunehmend auf alle Anlagepunkte verteilt wird. Es wird dann ein gewis-

ser Überdruck eingestellt, der sicherstellt, daß das Paket 3 gehalten wird, und zwar elastisch und gleichförmig. Dabei ist selbstverständlich berücksichtigt, daß ein gewisser Spielraum vorhanden bleiben muß, um Überbelastungen zu vermeiden, beispielsweise solche infolge innerer Bewegungen sowie thermischer Ausdehnungen der eingesetzten Materialien.

Auf diese Weise können Pakete von Kernbrennstäben in vertikaler Ausrichtung in der Verpackung gelagert und dann in eine horizontale Lage gekippt und so transportiert werden, beispielsweise über Straßen oder mit der Eisenbahn.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung, die in den Fig. 3 und 4 dargestellt ist, vollzieht sich die Beladung der Kernbrennelemente in das Gehäuse 13 von der Seite her. Der Behälter 13 ist dabei wiederum von quaderförmiger Gestalt. Eine Seitenwand 12 des Behälters ist jedoch wegnehmbar. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die expandierbaren Kissen als längliche Elemente 14 ausgebildet, die entlang einer jeden Innenwand der drei festen Wände des Behälters 13 ausgebildet sind. Jedes dieser Elemente 14 ist wie bei dem zuvor erörterten Ausführungsbeispiel mit einer Kammer verbunden, die unter Druck gesetzt werden kann und sich in hydrostatischer Verbindung mit den anderen Kammern befindet.

Die abnehmbare Seitenwand 12 ist ebenfalls mit einem Kissen 15 versehen. Dies ist jedoch bereits vorexpandiert, d. h., es steht bereits von vornherein unter einem Druck. Die Seitenwand 12 ist so ausgebildet, daß sie lösbar auf dem Rest des Behälters 13 befestigt werden kann, um auf diese Weise einen Verschuß zu bilden. Sobald die Seitenwand 12 auf den restlichen Behälter 13 aufgesetzt ist, kann die Anordnung unter Druck gesetzt werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist es ebenso wie bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel möglich, den Behälter 1 bzw. 13 so auszubilden, daß eine Zirkulation von Wasser, insbesondere von borhaltigem Wasser, möglich ist. Auf diese an sich bekannte Weise ist es möglich, die Neutronen zu verlangsamen bzw. abzu-bremsen, so daß der Transport und/oder die Lagerung der Kernbrennelemente stets im unterkritischen Zustand abläuft.

Die Anordnung mit den Kissen gewährleistet darüber hinaus, daß die Pakete von Kernbrennelementen gegenüber Erschütterungen geschützt werden, wie sie beim Transport oder bei einem Unfall auftreten.

Darüber hinaus sind die Anordnungen von äußerst kompakter Bauweise, insbesondere im Hinblick auf die zugehörigen Wartungssysteme. Da das Gehäuse darüber hinaus nur einen sehr kleinen Querschnitt aufweist, kann man die Zahl der gestapelten Vorrichtung innerhalb einer Verpackungseinheit erhöhen, so daß — bezogen auf ein Fahrzeug — die Transportkosten vermindert werden können, ohne daß gleichzeitig die Sicherheitsbedingungen verschärft werden müssen.

Darüber hinaus kann das Dekomprimieren der Kissen sehr einfach bewerkstelligt werden, wodurch ferner gewährleistet wird, daß die Pakete in den Behältern nicht verklemt werden.

Schließlich ist es ohne weiteres möglich, die Temperatur im Innenraum der Behälter auf 250°C ansteigen zu lassen, ohne daß dadurch der Behälter oder insbesondere der flüssige Kunststoff, nämlich der Elastomer oder das flüssige Silikon Schaden nimmt.

1. Vorrichtung zum Transportieren und Lagern von Kernbrennelementen, mit einem starren Behälter (1; 13), der an seiner Innenseite mit mindestens einem expandierbaren Element versehen ist, das sich im expandierten Zustand an das Kernbrennelement anlegt, dadurch gekennzeichnet, daß die Expansion mittels eines unter Druck stehenden flüssigen Kunststoffes bewirkt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennelemente zu Paketen (3) zusammengefaßt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennelemente Uranoxid (UO₂) oder Plutoniumoxid (PuO₂) enthalten.
4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1; 13) im wesentlichen quaderförmig ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1; 13) im Querschnitt quadratisch ist.
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß auf allen Innenwänden des Behälters (1; 13) expandierbare Elemente vorgesehen sind.
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Kunststoff ein Elastomer ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der flüssige Kunststoff ein flüssiges Silikon niedriger Viskosität ist.
9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck $40 \cdot 10^5$ bis $60 \cdot 10^5$, vorzugsweise $50 \cdot 10^5$ Pa beträgt.
10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die expandierbaren Elemente als Kissen 4; 14, 15) ausgebildet sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) ringförmig ausgebildet sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) über die Länge des Behälters (1) verteilt angeordnet sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4) im Abstand voneinander angeordnet sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (14, 15) in Längsrichtung des Behälters (13) durchgehend ausgebildet sind.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem quaderförmigen Behälter (13) an jeder Seitenwand ein durchgehendes Kissen (14, 15) vorgesehen ist.
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4; 14) mit einer Druckkammer (6) verbunden sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kissen (4; 14) untereinander verbunden sind.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß Kissen (4; 14) eines Behälters (1; 13) im hydrostatischen Gleichgewicht stehen.

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die expandierbaren Elemente eine verformbare Membran (9) umfassen.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (9) aus Metall oder Kunststoff, vorzugsweise einem Elastomer, besteht.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (9) Teil einer Kammer (11) ist und daß die Kammer (11) mit einer Innenwand des Behälters (1) verbunden ist.
22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem stehenden quaderförmigen Behälter (1) ein Deckel (2) an einer Oberseite des Behälters (1) vorgesehen ist.
23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem quaderförmigen Behälter (13) eine Seitenwand (12) abnehmbar ist.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die übrigen Seitenwände starr miteinander verbunden sind.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die abnehmbare Seitenwand (12) ein vor-expandiertes Element (15) trägt, während die übrigen Seitenwände mit expandierbaren Elementen (14) versehen sind.
26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zum Expandieren des Elements ein Tauchkolben (8) vorgesehen ist, der in eine mit dem Element verbundene Druckkammer (6) eintaucht.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Tauchkolben (8) mittels einer Spindel verfahrbar ist.
28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Tauchkolben (8) von einer Oberseite des Behälters (1) zugänglich und sowohl bei stehender wie auch bei liegender Position des Behälters (1) betätigbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen.

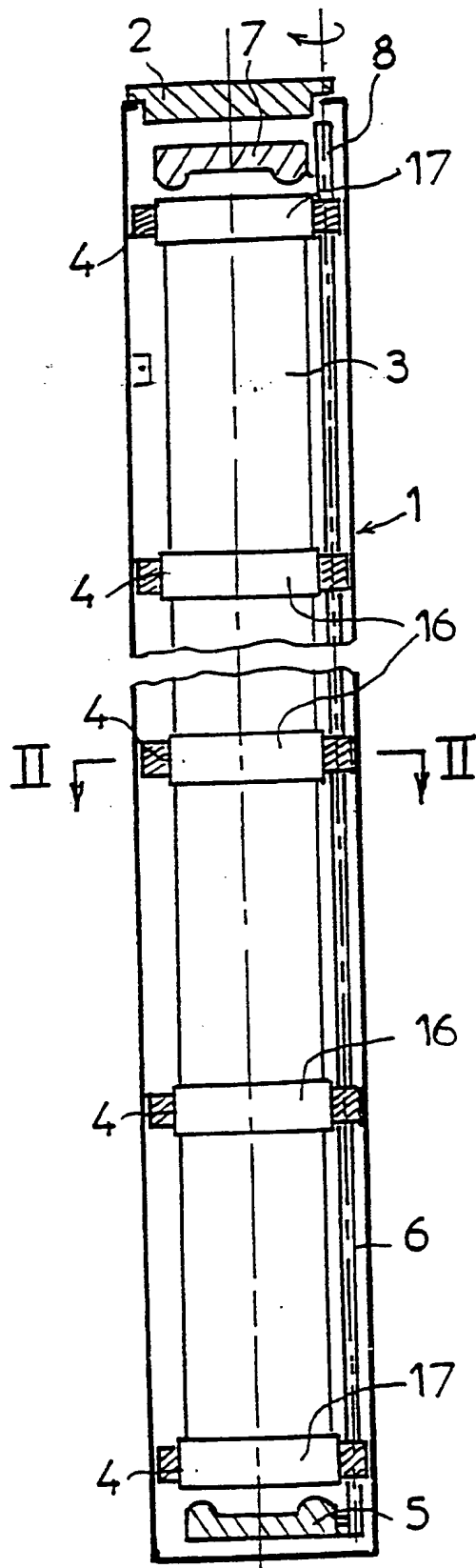


FIG. 1

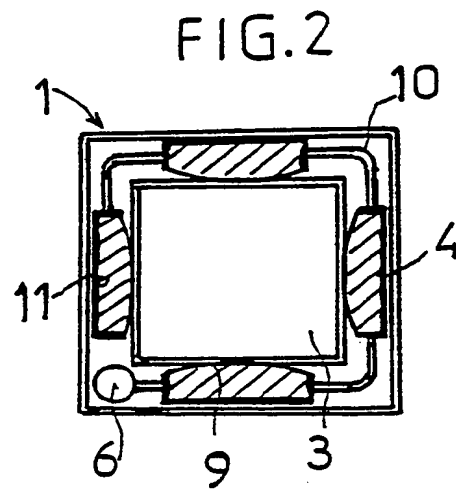


FIG. 2

FIG. 3

